

पदार्थों की अन्तर्क्रियाएँ

यासमीन जयतीर्थ

आप बगीचे की मिट्टी से बर्तन क्यों नहीं बना सकते? क्या जीवन भर आपके सिर के बाल सीधे रहना ही आपकी नियति है? कृत्रिम रेशम क्या होता है? इन प्रश्नों के उत्तर आपको यहाँ मिलेंगे।

हम जानते हैं कि चार आधारभूत बलों के बीच होने वाली पारस्परिक अन्तर्क्रियाओं से ही भौतिक संसार का वर्णन किया जाता है। भौतिकशास्त्री परमाणुओं के बीच होने वाली अन्तर्क्रियाओं का कारण विद्युत चुम्बकीय बलों की क्रिया को मानते हैं। दूसरी ओर, रसायनशास्त्री इन्हीं इलेक्ट्रॉन-न्यूक्लियस के बीच होने वाली अन्तर्क्रियाओं का होना अन्य कई बलों के कारण मानते हैं, जो उन बन्धों की ताकत और संरचना पर निर्भर करता है जिन्हें वे निर्मित करते हैं। इस प्रकार, रसायनविज्ञान में, यह इन ज्यादा सूक्ष्म बलों का संयोजन ही होता है जो पदार्थों के गुणधर्मों को निर्धारित करता है। परस्पर अन्तर्क्रिया करने वाले ये बल हमें यह समझने की सुविधा देते हैं कि इतने अधिक प्रकार के पदार्थ क्यों होते हैं, जिनके सब गुणधर्म अलग-अलग होते हैं, और जो इतने प्रकार की अभिक्रियाएँ करते हैं, कि उनके कारण हमारे सहित समस्त जीवरूप खाते हैं, बढ़ते हैं और प्रजनन करते हैं। ये बल रसायनशास्त्रियों को न केवल यह समझाने में समर्थ बनाते हैं कि पृथ्वी पर पाए जाने वाले सबसे अधिक कठोर पदार्थों में से हीरा एक है, बल्कि दूसरे उतने ही कठोर पदार्थ निर्मित करने में भी सहायक होते हैं।

ये रासायनिक अन्तर्क्रियाएँ क्या हैं जो हमारे पदार्थिक संसार को आकार देती हैं? जहाँ इन अन्तर्क्रियाओं में से बहुत-सी ताकतवर और विशेष दिशा में उन्मुख होती हैं, जिन्हें बन्ध कहते हैं, वहीं दूसरी ओर अन्य भी होती हैं जिन्हें गैर-बन्ध वाली अन्तर्क्रियाएँ कहते हैं। चलिए इन अन्तर्क्रियाओं में से कुछ पर हम एक नजर डालते हैं, और इसकी छानबीन करते हैं कि बलों का संयोजन कैसे, प्राकृतिक और मानव-निर्मित, दोनों तरह के पदार्थों के गुणधर्मों को समझा सकता है। **यहाँ दिया गया वर्णन बहुत सरल है, और कोई भी हाई स्कूल या कालेज की पाठ्यपुस्तक इससे अधिक जानकारी प्रदान करेगी।**

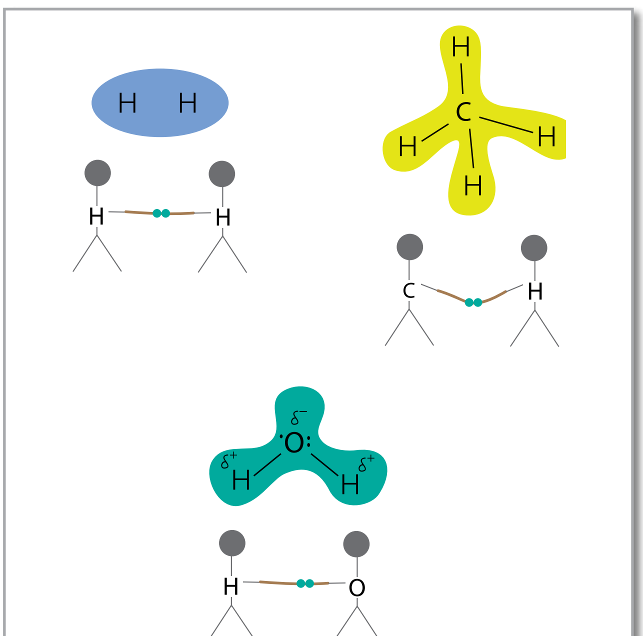
सहसंयोजी बन्ध

इलेक्ट्रॉन नाभिकों के द्वारा आकर्षित होते हैं। जब दो परमाणु मिलते हैं, तो प्रत्येक का नाभिक दूसरे के इलेक्ट्रॉनों को आकर्षित करता है, और इसलिए वे परमाणु आपस में जुड़े

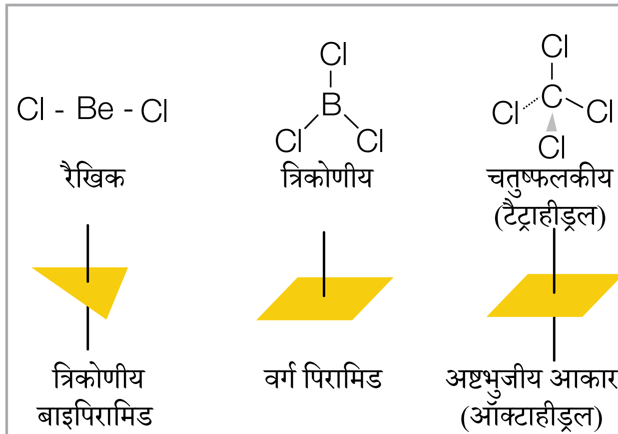
रहते हैं या बन्ध बना लेते हैं। जब दोनों परमाणु एक से होते हैं जैसे कि H_2 में, तो इलेक्ट्रॉन बराबरी से साझा किए जाते हैं और ऐसा बन्ध गैर-ध्रुवीय (**चित्र 1 ए** देखें) कहलाता है। यह तब भी हो सकता है, जब परमाणु एक जैसे नहीं होते पर उनके खींचने की ताकत एक-दूसरे के बराबर होती है, जैसे कि CH_4 में (**चित्र 1 बी** देखें)। जब एक तत्व के परमाणु का इलेक्ट्रॉनों के प्रति आकर्षण अधिक प्रबल होता है, तो वह इलेक्ट्रॉनों के साझा जोड़े को अपनी ओर खींच सकता है, और इस तरह ध्रुवीय सहसंयोजी बन्ध बनता है, जैसे कि H_2O में (**चित्र 1 सी** देखें)। ये बन्ध इस तरह व्यवस्थित होते हैं कि इलेक्ट्रॉनों के बादल एक-दूसरे से जितनी सम्भव हो उतनी दूर रहते हैं। इसके परिणामस्वरूप अणुओं में विभिन्न प्रकार की ज्यामितीय आकृतियाँ बनती हैं, जैसा कि हमें विभिन्न पदार्थों पर विचार करने से पता चलेगा (**चित्र 2** देखें)। जब खींचने की ताकतों में अन्तर बहुत ज्यादा होता है, तब एक परमाणु साझा इलेक्ट्रॉनों को पूरी तरह खींच लेता है, और इस तरह नकारात्मक आवेश से युक्त होकर **एनायन** बन जाता है। तब दूसरे परमाणु के पास एक इलेक्ट्रॉन कम होता है, और वह धनात्मक आवेश से युक्त हो जाता है जिसे **कैटायन** कहते हैं (**चित्र 3** देखें)।

आयनिक बन्ध निर्मित होना

आयनिक जाल तब निर्मित होते हैं जब किसी कैटायन का धनात्मक आवेश नकारात्मक रूप से आवेशित आयनों को अपनी ओर आकर्षित करता है, और दूसरी ओर इसके विपरीत



चित्र 1 : इलेक्ट्रॉनों की असमान साझेदारी से निर्मित द्विध्रुवीय अणु (dipoles) दर्शाने वाली संरचनाएँ।



चित्र 2 : अणुओं द्वारा अपनाए गए विभिन्न आकार जब इलेक्ट्रॉन जोड़ों की विभिन्न संख्याएँ होती हैं।

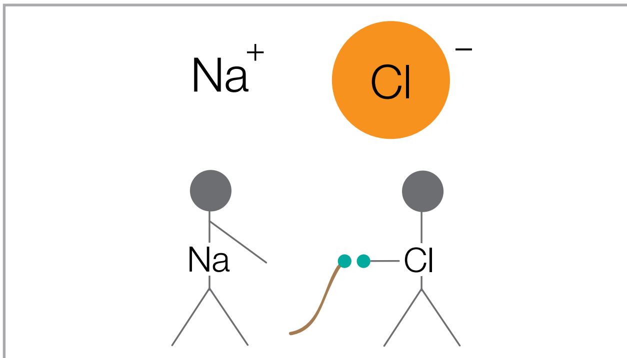
क्रिया होती है (**चित्र 4** देखें)। आयन अपने को इस जाल में किस तरह व्यवस्थित करते हैं यह उनके आवेश और आकार पर निर्भर करता है, लेकिन वे प्रबल आकर्षण के कारण आपस में इकट्ठे रहते हैं। आयनिक यौगिकों में, अर्थात जो केवल आयनों से बने होते हैं, इन अन्तर्क्रियाओं की ताकत उनके विविध प्रकार के भौतिक गुणों, जैसे कि उनके गलनांकों और पानी में उनकी घुलनशीलता, को निर्धारित करती है।

धात्विक बन्ध निर्मित होना

ऐसे तत्व जो अपने इलेक्ट्रॉनों को बहुत ढीले-ढाले ढंग से पकड़े रहते हैं, वे धात्विक बन्ध निर्मित करते हैं। एक धातु में धनात्मक आयनों की कतारों के व्यूह होते हैं जो इलेक्ट्रॉनों के 'समुद्र' से घिरे रहते हैं (**चित्र 5** देखें)। चूँकि ये इलेक्ट्रॉन ढीले तरीके से पकड़े गए रहते हैं, इसलिए वे इधर-उधर जा सकते हैं और अपने को पुनर्व्यवस्थित कर सकते हैं, इस कारण वे जिन धातुओं का हिस्सा होते हैं उन्हें वे विद्युत के संचालन में समर्थ और पीटकर फैलाई जा सकने योग्य (malleable) तथा तार बनाने योग्य (ductile) बना देते हैं (**चित्र 6** देखें)।

गैर-बन्धीय अन्तर्क्रियाएँ

यदि कणों के बीच के बन्ध ही उनकी एकमात्र प्रकार की अन्तर्क्रिया होती, तो सभी पदार्थ या तो ठोस होते या गैस! जिन परमाणुओं या आयनों की बड़ी कतारों के ऐसे व्यूह निर्मित होते जो सहसंयोजी, आयनिक या धात्विक बन्धों द्वारा परस्पर आबद्ध रहते, वे कमरे के तापमान पर ठोस होते। इससे भिन्न छोटे अणुओं (जैसे मीथेन या पानी) में परमाणु गैसीय अवस्था में होते हैं जहाँ इन अणुओं को इकट्ठा रखने के लिए कोई बल नहीं होते और इसलिए वे एक-दूसरे से दूर जाने के लिए स्वतंत्र होते। लेकिन कमरे के तापमान पर पानी द्रव होता है। ऐसे कौन

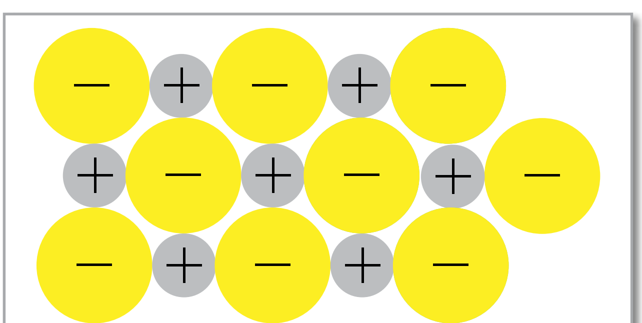


चित्र 3 : सोडियम क्लोराइड का बनना।

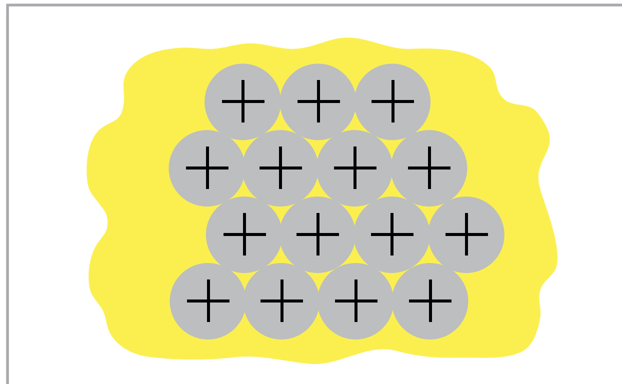
से बल हैं जो पानी के अणुओं को इस तरह से इकट्ठा रखते हैं कि वे इधर-उधर होने के लिए तो स्वतंत्र होते हैं, लेकिन वे एक-दूसरे से पूरी तरह दूर नहीं भाग सकते? ये बल, जो सामूहिक रूप से गैर-बन्धीय अन्तर्क्रियाएँ कहलाते हैं, कई प्रकार के होते हैं।

गैर-बन्धीय अन्तर्क्रियाएँ कैसे उत्पन्न होती हैं? किसी भी परमाणु या अणु के चारों ओर इलेक्ट्रॉनों के आवेश का एक बादल रहता है, जो बदलता रहता है, जिसके कारण अणु में एक क्षणिक द्विध्रुव पैदा हो जाता है। यह द्विध्रुव किसी पड़ोसी अणु में एक अन्य द्विध्रुव को प्रेरित कर सकता है, जिसके कारण वे दोनों अणु थोड़ी देर के लिए इकट्ठे रहते हैं (**चित्र 7** देखें)। इस बल को **तात्कालिक द्विध्रुवीय-प्रेरित द्विध्रुवीय** (instantaneous dipole-induced dipole) अन्तर्क्रिया या फैलाव का बल कहते हैं, और यह बहुत कमजोर होता है। परन्तु, किसी अणु में जितने अधिक इलेक्ट्रॉन होते हैं, उतने ही ये बल अधिक ताकतवर होते हैं, खासतौर पर जब वे सामूहिक रूप से कार्य करते हैं (तब उनकी ऊर्जाएँ < 10 किलो जूल प्रति मोल. होती हैं)।

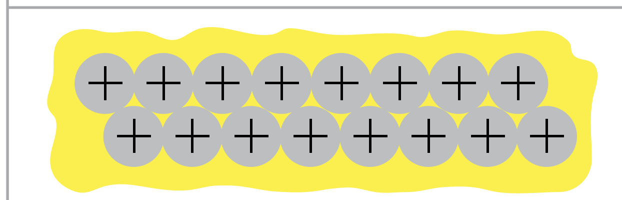
दूसरे प्रकार की गैर-बन्धीय अन्तर्क्रिया **द्विध्रुव-द्विध्रुव** अन्तर्क्रियाएँ होती हैं, जो उन अणुओं के द्वारा प्रदर्शित की जाती हैं जिनमें ध्रुवीय बन्ध होते हैं। किसी ऐसे अणु वाले पदार्थ में



चित्र 4 : सोडियम क्लोराइड के क्रिस्टल में Na+ तथा Cl- आयनों की व्यवस्था।



चित्र 5 : धात्विक बन्ध संरचना



चित्र 6 : हथौड़े से पीटे जाने के बाद धातु की संरचना

जिसमें भिन्न-भिन्न इलेक्ट्रो-नकारात्मकताओं वाले परमाणु होते हैं, अणुओं के भीतर के आवेशों का ध्रुवीकरण होकर द्विध्रुव निर्मित हो जाते हैं। एक अणु का धनात्मक सिरा दूसरे अणु के नकारात्मक सिरे को आकर्षित करता है, जिसके कारण उनके गुच्छे बन जाते हैं (**चित्र 8** देखें)।

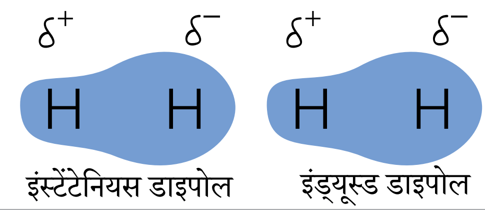
तीसरी महत्त्वपूर्ण गैर-बन्धीय अन्तर्क्रियाएँ वे होती हैं जिनमें **हाइड्रोजन बन्ध** मध्यस्थ की भूमिका निभाते हैं। हाइड्रोजन बन्ध बहुत खास तरह के बन्ध होते हैं। वे ऐसे अणुओं के द्वारा निर्मित होते हैं जिनमें हाइड्रोजन किसी विद्युतीय रूप से अत्यन्त नकारात्मक तत्व, जैसे कि फ्लोरीन, आक्सीजन, या नाइट्रोजन, से बन्ध बनाती है। ये तत्व इलेक्ट्रॉनों को हाइड्रोजन के परमाणु से दूर अपने पास खींचकर एक ध्रुवीय बन्ध बना लेते हैं। चूँकि हाइड्रोजन का परमाणु बहुत छोटा होता है, इसलिए वह नजदीक के F, O या N परमाणु के इलेक्ट्रॉनों को ध्रुवीय बना सकता है, और इस तरह एक कमजोर बन्ध (लगभग 10-40 किलोजूल प्रति मोल. ऊर्जा वाला) निर्मित कर लेता है (चित्र 9 देखें)। सहसंयोजी बन्ध की ऊर्जाएँ लगभग 450-200 किलोजूल प्रति मोल होती हैं। हालाँकि हाइड्रोजन बन्ध इससे बहुत कमजोर होते हैं, परन्तु उनमें इतनी ताकत होती है कि वे न केवल अणुओं को इकट्ठा रख सकते हैं, बल्कि उनके भौतिक-रासायनिक गुणधर्मों को भी बदल सकते हैं। उदाहरण के लिए, पानी के गुणधर्मों का कारण मुख्य रूप से एक अणु की आक्सीजन और दूसरे अणु की हाइड्रोजन के बीच बनने वाले हाइड्रोजन बन्धों को माना जाता है। इस प्रकार हाइड्रोजन बन्ध

सभी जैविक अणुओं, तंत्रों और प्रक्रियाओं में बहुत महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं।

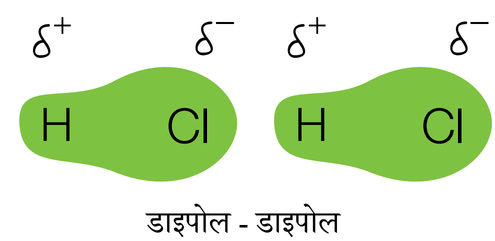
ये बन्ध वाली या गैर-बन्धीय अन्तर्क्रियाएँ जिन्हें हम अपने आसपास के पदार्थों में काम करता हुआ देखते हैं, महत्त्वपूर्ण क्यों होती हैं? इसे समझने की शुरुआत हम अपने पैरों के नीचे की धरती को, मिट्टी के खनिजों की संरचना और उनके गुणधर्मों को देखने से करते हैं।

सिलिका कितने तरह से बन्ध बना सकता है?

मिट्टी का बुनियादी अवयव सिलिका, SiO_2, होता है, जो एक विशाल सहसंयोजी जाल में व्यवस्थित होता है, जिसे क्वार्ट्ज कहते हैं, और उसमें प्रत्येक सिलिकोन परमाणु चार आक्सीजन परमाणुओं से सहसंयोजी बन्ध बनाए रहता है, और प्रत्येक आक्सीजन परमाणु दो सिलिकोन परमाणुओं से बन्ध बनाए रहता है। क्वार्ट्ज मौसमों की मार से या हवा और पानी की मार से छोटे-छोटे टुकड़ों या रेत के कणों में टूट जाता है। जब ये पानी से अभिक्रिया करते हैं तो उनके परिणामस्वरूप सिलिकेट आयन, या SiO_4^{4-}, निर्मित होते हैं जो एक टेट्राहीड्रन (चतुष्फलकीय पिरामिड) जैसे दिखते हैं **(चित्र 10** देखें)। पृथ्वी के अनेक खनिज विभिन्न प्रकार के सिलिकेट होते हैं, जो अलग-अलग तरह से, जैसे कि साझा आक्सीजन परमाणुओं के माध्यम से एक सूत्र या दो सूत्र वाली शृंखलाएँ बनाकर, जुड़े रहते हैं **(चित्र 11 ए** तथा **11 बी** देखें)। इस प्रकार, उदाहरण के लिए, ऐसबेस्टस दो सूत्रीय शृंखलाओं से बना होता है और वह रेशों में उधड़ता है **(चित्र 12 ए** देखें), जबकि माइका (अभ्रक) **(चित्र 12 बी** देखें) चतुष्फलकीय पिरामिडों की चादरों का बना होता है **(चित्र 12 सी** देखें)। सिलिकेट खनिजों पर मौजूद नकारात्मक आवेश, धनात्मक आयनों, जैसे कि K^+, Mg^{2+},



चित्र 7 : एक अणु के इलेक्ट्रॉन बादल में हुआ बदलाव जो 'इंस्टेंटेनियस डाइपोल (तात्कालिक द्विध्रुव)' बनाता है, वह पड़ोसी अणु की आकृति को बिगाड़कर उसमें भी 'इंड्यूस्ड डाइपोल (प्रेरित द्विध्रुव)' बना देते हैं, जिसके परिणामस्वरूप फैलाव के बल उत्पन्न होते हैं।

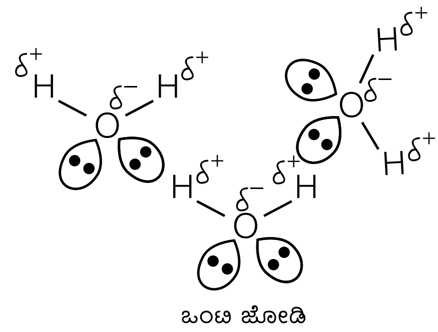


चित्र 8 : दो अणुओं के बीच के विपरीत आवेशों के बीच का आकर्षण उन्हें इकट्ठा रखता है।

Ca^{2+} तथा Al^{3+}, के द्वारा सन्तुलित किए जाकर आयनिक अन्तर्क्रियाओं द्वारा इकट्ठे रखे जाते हैं। जब मौसम की मार जारी रहती है, तब रेत की परतों में कुछ सिलिकोनों की जगह Al^{3+} आयन ले लेते हैं, और वह रेत मिट्टी (मिट्टी) में बदल जाती है। मिट्टी के खनिज दो प्रकार की चादरों से बनी परतों के होते हैं - टेट्राहीड्रल चादरें जो मुख्य रूप से सिलिकेट टेट्राहीड्रल की बनी होती हैं और ऑक्टाहीड्रल (अष्टफलकीय पिरामिड) चादरें जो मुख्य रूप से 6 OH^- आयनों से घिरे Al^{3+} आयनों से निर्मित

बॉक्स 1 : कणों (परमाणुओं तथा अणुओं) के बीच में होने वाली सबसे कमजोर अन्तर्क्रियाओं को फैलाव के बल (dispersion forces) कहा जाता है और उन पर काबू पाने के लिए बहुत थोड़े बल की जरूरत होती है। लेकिन वे सभी पदार्थों के बीच में मौजूद रहते हैं, और उनमें से ढेरों ऐसे होते हैं जो चकित करने वाले काम करते हैं!

घरेलू छिपकली (gecko) आमतौर पर छत पर बिना गिरे उल्टी पेट के बल चिपकी रह सकती है, और उस पर दौड़ भी सकती है। ऐसा लगता है कि जैसे वह बहुत देर तक गुरुत्वाकर्षण के बल पर काबू रख सकती है, पर जब उसे किसी कीड़े को पकड़ने के लिए दौड़ने की जरूरत हो तो वह अपने को चिपकी स्थिति से छुड़ा भी सकती है। ईसा पूर्व चौथी शताब्दी के वैज्ञानिकों ने, जिनमें ऐरिस्टोटल भी शामिल थे, दीर्घ काल से इस पर विचार किया है कि गैको यह चमत्कार कैसे कर लेती है। उन्होंने यह पता लगाया कि गैको के पाँवों पर विशेष गद्दियाँ (पैड) होती हैं जो बहुत से (लगभग 500,000 प्रति पैर) कड़े बालों से बनी होती हैं। इन बालों के सिरे 100-1000 छोटे कड़े बालों में बँटे रहते हैं जिन्हें स्पेचुला कहते हैं, वे ही दीवारों जैसी सतहों से सम्पर्क बनाती हैं। इन अनगिनत सम्पर्क बिन्दुओं के माध्यम से, और उनके बीच के गैर-बन्धीय आकर्षण बल के कारण ही, गैको किसी ऊर्जा या मांसल शक्ति का उपयोग किए बिना, गुरुत्वाकर्षण बल पर पार पाने में समर्थ होती है। इसका अध्ययन करने वाले वैज्ञानिकों ने पाया है, एक मरी हुई गैको भी छत से चिपकी रह सकती है।



चित्र 9 : हाइड्रोजन के परमाणु का धनात्मक आवेश आक्सीजन के एक जोड़े के इलेक्ट्रॉन बादल को आकर्षित करता है, और इस तरह हाइड्रोजन बन्ध निर्मित करता है।

होती हैं (**चित्र 13** देखें)।

अलग-अलग तरह की मिट्टी में ये परतें अलग-अलग तरह से व्यवस्थित रहती हैं। केओलाइनाइट जो बर्तन बनाने के काम आने वाली मिट्टी होती है (**चित्र 14 ए** देखें), में 1:1 की संरचना होती है, अर्थात एक टेट्राहीड्रल चादर एक ऑक्टाहीड्रल चादर से बँधी रहती है। ये चादरें ऑक्टाहीड्रल चादर के OH तथा टेट्राहीड्रल चादर के O के बीच बनने वाले हाइड्रोजन बन्धों के द्वारा एक-दूसरे को कसकर पकड़े रहती हैं (**चित्र 14 बी** देखें)। ये बन्ध पानी तथा कैटायनों को चादरों के बीच में प्रवेश करने से रोक देते हैं और मिट्टी को बहुत फैलने नहीं देते। पानी की वह थोड़ी-सी मात्रा जो मिट्टी में प्रवेश कर पाती है और उसके क्रिस्टलों के बीच में ठहर जाती है, वही इसे ऐसे विभिन्न आकारों में ढाले जाने की सुविधा देती है जो टिकते हैं (**चित्र 14 सी** देखें)।

बर्तनों में ढली हुई मिट्टी को जब भट्टी में तपाया जाता है, तो यह पानी समाप्त हो जाता है, लेकिन अब परतें सहसंयोजी बन्धों द्वारा आपस में बँधी रहती हैं। ये बन्ध इतने पर्याप्त मजबूत होते हैं कि मिट्टी को फिर पुरानी बगैर आकृति वाले रूप में नहीं जाने जाते, इसलिए ढाली गई मिट्टी अपनी आकृति को स्थाई रूप से बनाए रखती है (**चित्र 15** देखें)।

दूसरी कई मिट्टी 2:1 की मिट्टी होती हैं, जहाँ दो टेट्राहीड्रल चादरों के बीच में एक ऑक्टाहीड्रल परत दबी रहती है। इन मिट्टी में टेट्राहीड्रल परतें आपस में बँध नहीं सकतीं, लेकिन उनकी सतह पर नकारात्मक आवेश होने के कारण, वे पानी के अणुओं और कैटायनों को उनके बीच में संचार करने देती हैं, जो इस मिट्टी को फैलने देता है। ये मिट्टी पौधों के लिए भण्डार गृहों के समान होती हैं क्योंकि वे पौधों की जड़ों को पानी और खनिज प्रदान करती हैं (**चित्र 16** देखें)।

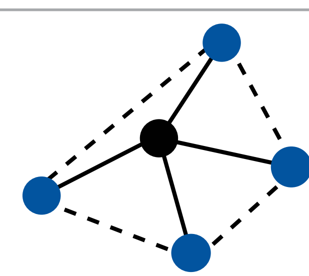
बॉक्स 2 : हाइड्रोजन बन्ध

हममें से बहुत से लोगों को सिलवटों वाले सूती कपड़ों पर इस्त्री करने में कठिनाई हुई है। सूती कपड़ा ग्लूकोज के एक पोलीमर सैल्यूलोज से बना होता है और वह अपने धागों के बीच में हाइड्रोजन बन्ध बनाकर उन्हें इकट्ठा रखता है। जब सूती कपड़ा सूखा होता है तो किसी सिलवट को इस्त्री करके निकालना बहुत कठिन होता है, लेकिन जब कपड़े पर पानी छिड़का जाता है, तो सिलवट के भीतर के हाइड्रोजन बन्ध टूट जाते हैं, और उसके बजाय दोबारा फिर पानी के साथ बन जाते हैं। इस्त्री करके पानी को भाप बनाकर उड़ा दिया जाता है और सिलवट निकल जाती है। यह बहुत कुछ उसके समान है जैसे आप अपने बालों को गीला करने के बाद सीधे या घुँघराले बना सकते हैं, परन्तु एक नमी वाले दिन या फिर से गीला होने पर बालों की शैली पहले जैसी हो जाएगी।

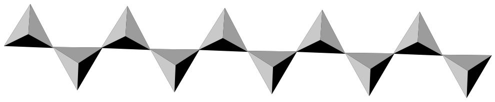
जीवन के अणु

इन विविध प्रकार की अन्तर्क्रियाओं की भूमिकाओं को प्रोटीनों की संरचनाओं से बेहतर और कोई चीज प्रदर्शित नहीं करती। प्रोटीन पोलीमर या लम्बी शृंखलाओं वाले अणु होते हैं, जो बहुत से छोटे अणुओं से बने होते हैं जिन्हें अमीनो ऐसिड कहते हैं और जो सहसंयोजी बन्धों द्वारा इकट्ठे रखे जाते हैं। ऐसे 21 अमीनो ऐसिड होते हैं जो विभिन्न प्रकार से संयोजित होकर ऐसे प्रोटीनों को निर्मित करते हैं जिनके अलग-अलग गुणधर्म और कार्य होते हैं।

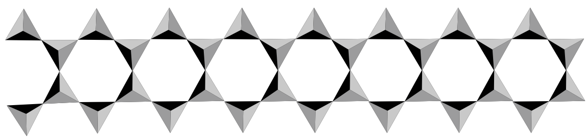
इस विविधता को मानव शरीर के सिर्फ दो प्रोटीन के उदाहरणों को लेकर देखा जा सकता है। एक, जिसे एमीलास कहते हैं, ऐसा प्रोटीन होता है जो पानी में घुलनशील है और स्टार्च के पाचन को उत्प्रेरित करता है, जबकि दूसरा, जिसे कैराटिन कहते हैं, कड़क, निष्क्रिय, पानी में न घुलने वाला होता है, और हमारे सिर के बाल निर्मित करता है।



चित्र 10 : सिलिकोन टेट्राहीड्रन



चित्र 11 ए : एक सूत्र वाला सिलिकेट



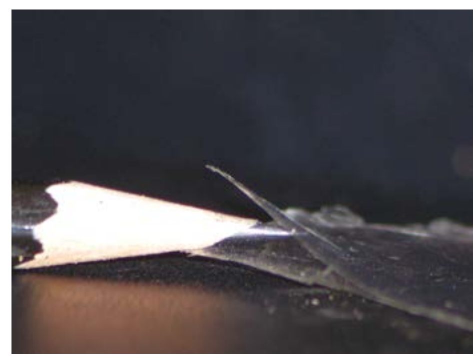
चित्र 11 बी : दो सूत्रीय सिलिकेट

प्रोटीनों की जटिल संरचनाएँ होती हैं जो तीन (या चार) परतों को जोड़कर निर्मित होती हैं। पहली परत, जो प्रोटीन की प्राथमिक संरचना कहलाती है, उसके अमीनो अम्लों की शृंखला होती है जो सहसंयोजी बन्धों द्वारा इकट्ठे रखे जाते हैं। यह रैखिक शृंखला कुण्डली जैसी बनकर सर्पिल आकृति या चादर जैसी आकृति बना लेती है, जो आपस में हाइड्रोजन बन्धों के द्वारा इकट्ठी रखी जाती हैं (**चित्र 17** देखें)। यह इसकी द्वितीयक संरचना कहलाती है। इसकी तृतीयक संरचना में, प्रोटीन के अणु, गैर-बन्धीय अन्तर्क्रियाओं, आयनिक अन्तर्क्रियाओं, तथा डाइसल्फाइड सेतु कहलाने वाले एक बहुत-ही खास तरह के सहसंयोजी बन्ध का उपयोग करते हुए, तहें बनाकर विभिन्न आकार ग्रहण कर लेते हैं (**चित्र 18** देखें)। जैसे कि दूध पर विचार करें। दूध में निहित प्रोटीन घुली हुई अवस्था में रहते हैं और उसके रखे रहने पर भी नीचे नहीं बैठते। पनीर बनाने के लिए दूध को फाड़ने की क्रिया उसके प्रोटीनों की तृतीयक और द्वितीयक शृंखलाओं को तोड़ देती है जिससे वे अवक्षेप बनकर अलग हो जाते हैं। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि दूध में नींबू का रस या सिरका डालने से प्रोटीनों के भीतर की आयनिक अन्तर्क्रियाओं और हाइड्रोजन बन्धों में बाधा पड़ती है, और वे फिर दूध में निहित पानी के साथ उस तरह से अन्तर्क्रिया नहीं कर सकते जैसे कि वे मूल रूप से कर रहे थे। जब हम पनीर खाते हैं, तो हमारे गैस्ट्रो-इंटेस्टाइनल (जठरांत्रिय) मार्ग के पाचक ऐंजाइम उन सहसंयोजी बन्धों को तोड़ देते हैं जो अमीनो अम्लों की प्राथमिक संरचना को संघटित बनाए रखते हैं।

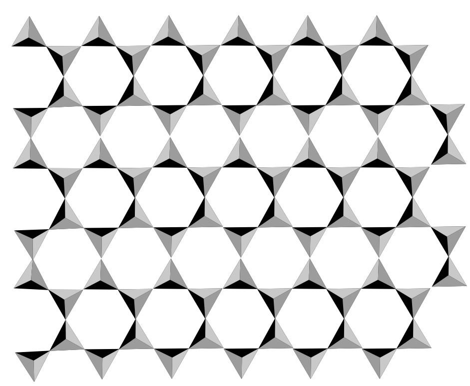
तहें बनने की ये बारीकियाँ ही ऐमीलास को एक घना अणु बनाती हैं जो कि घोलों (जैसे कि हमारी लार) में निहित रह सकता है, जबकि वह ऐसे क्षेत्र को उघाड़ देता है जिनमें



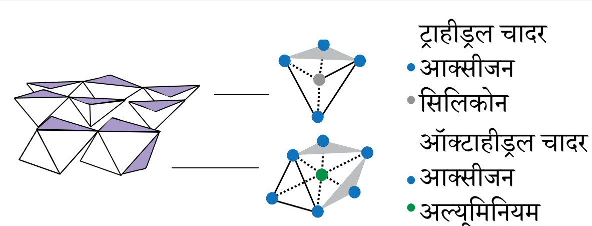
चित्र 12 ए : ऐसबेस्टस, दो सूत्रीय सिलिकेट शृंखलाओं से बने रेशे। स्रोत - निखिल फर्नांडेस।



चित्र 12 बी : माइका, सिलिका टेट्राहीड्रा की चादरों से बना हुआ। स्रोत - निखिल फर्नांडेस।



चित्र 12 सी : सिलिकेट की चादर

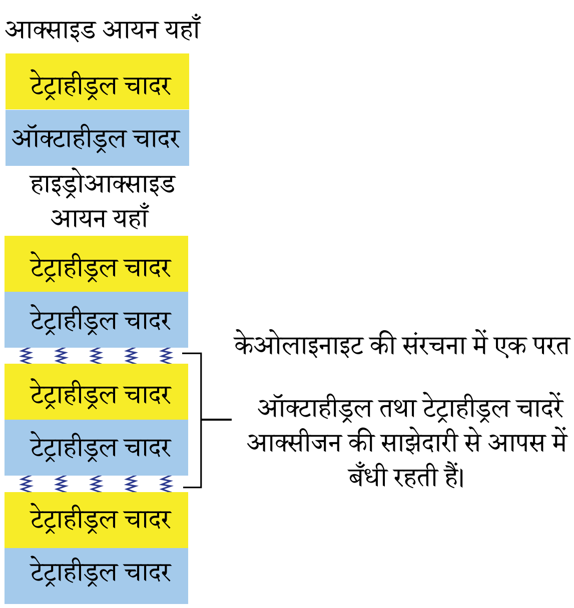


चित्र 13 : टेट्राहीड्रल तथा ऑक्टाहीड्रल चादरों की परतें जो साझा आक्सीजन परमाणुओं के द्वारा इकट्ठी रखी जाती हैं।

इसके सबस्ट्रेट (निचले तल) के स्टार्च अणु रहते हैं। यदि हम ऐमीलास को गर्म करके या उसके वातावरण के pH (अम्लांक मान) को बदलकर उसकी द्वितीयक संरचना को परिवर्तित करते हैं, तो ऐमीलास फिर अभिक्रिया को उत्प्रेरित नहीं करेगा। इसके विपरीत, कैराटिन की तृतीयक संरचना, द्वितीयक



चित्र 14 ए : केओलाइनाइट मिट्टी को वैजिंग की प्रक्रिया के द्वारा अधिक लोचदार बनाया जा सकता है, इस प्रक्रिया में इसे एक कसी हुई कुण्डली जैसा लपेटा जाता है जो एक तरह के माड़ने जैसा तरीका होता है, उससे उसके बीच के हवा के बुलबुले निकल जाते हैं। स्रोत : ललिता मंजुनाथ

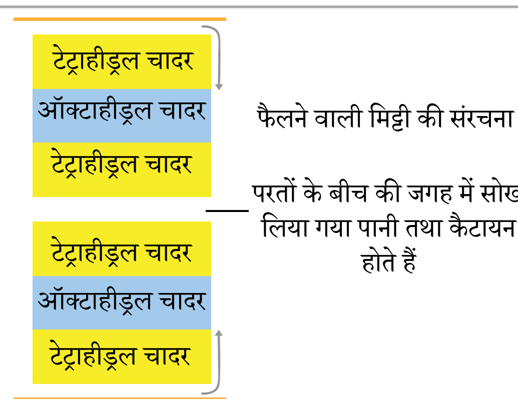


चित्र 14 बी : केओलाइनाइट की संरचना इसकी कसकर बँधी हुई परतों को दर्शाती है जो इसे प्रतिरूपों में निर्मित करने में सक्षम बनाने वाले इसके विशेष गुण देती हैं।



चित्र 14 सी : पानी की वह थोड़ी-सी मात्रा जो मिट्टी में प्रवेश कर जाती है, वही उसे बर्तनों में ढाले जाने की सुविधा देती है। स्रोत : ललिता मंजुनाथ।

संरचनाओं की एक-दूसरे के चारों ओर लिपटी हुई हीलिक्सों से बनी होती है जिन्हें डाइसल्फाइड सेतुओं द्वारा संघटित रखा जाता है। कैराटिन में इन डाइसल्फाइड सेतुओं की संख्या एक व्यक्ति से दूसरे व्यक्ति में बदलती रहती है, और आमतौर पर उनकी संख्या जितनी ज्यादा होती है, उतने ही उस व्यक्ति के बाल ज्यादा घुँघराले होते हैं! अपने बालों को गीला करके फिर उन्हें जैसा आप चाहते हैं उस शैली में काढ़कर, आप अस्थाई रूप से घुँघराले बालों को सीधा कर सकते हैं या सीधे बालों को घुँघराले बना सकते हैं। जब तक आपके बाल सूखेंगे तब तक कैराटिन के भीतर नए हाइड्रोजन बन्ध बन जाते हैं, जो बने रहते हैं (और इस तरह आपकी नई केशशैली को बनाए रखते हैं), जब तक कि आपके बाल फिर से गीले नहीं किए जाते, या हवा में नमी नहीं होती। ज्यादा स्थाई 'पर्म (घुँघराली केशशैली)' पाने के लिए, सल्फर यौगिकों का उपयोग करके, बालों के भीतर



चित्र 15 : फैलने वाली मिट्टी की संरचना : परतों के बीच में हाइड्रोजन बन्धों का अभाव पानी तथा आयनों को प्रवेश करने देता है।



चित्र 16 : वे मिट्टियाँ जिनमें फैलने वाली 2:1 मिट्टी होती हैं, सूखने पर सिकुड़ती और फटती हैं।

Source: jackmac34, Pixabay. License: Public Domain. URL: https://pixabay.com/en/drought-earth-desert-aridity-711651/

के डाइसल्फाइड सेतुओं को तोड़ा जाना और फिर से चाही गई शैली में निर्मित किया जाना जरूरी होता है। हालाँकि यह पर्म स्थाई रूप से टिकता है, परन्तु जब आपके बाल बढ़ते हैं तो वे फिर अपने स्वाभाविक मूल रूप में ही उगते हैं।

डिजाइनर अणु

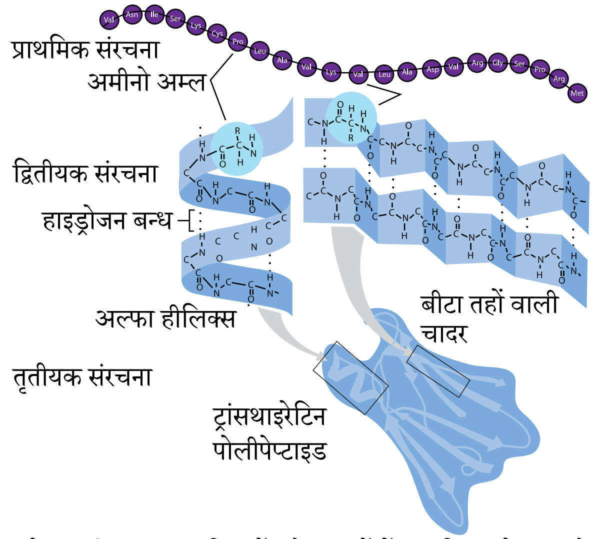
जैसे कि प्राकृतिक संसार में पाए जाने वाले प्रोटीनों की विविधता और संख्या दिमाग को चकराने के लिए काफी नहीं थी, अब हम ऐसे अनेक कृत्रिम पोलीमरों को संश्लेषित करके बनाने में समर्थ हो गए हैं जिनमें ठीक वे ही गुणधर्म होते हैं जो हम चाहते हैं। सबसे पहले बने प्लास्टिक संयोग से निर्मित हुए थे। हम सभी पोलीथीन, पीवीसी, टैफ्लॉन तथा पोलीस्टाइरीन (जिसे आम बोलचाल में थर्मोकोल के नाम से जाना जाता है) से परिचित हैं। जहाँ इन सबके अलग-अलग गुणधर्म और उपयोग होते हैं, इनकी बुनियादी संरचना एक-सी होती है, सिर्फ इनकी साइड-चेंस (शाखा शृंखलाएँ) भिन्न होती हैं (**तालिका 1** देखें)। पोली-ईथीन तथा पोली-प्रोपीन में, आकर्षण के मुख्य बल लम्बी शृंखलाओं के बीच की गैर-बन्धीय अन्तर्क्रियाएँ होती हैं। इसलिए ये प्लास्टिक नरम होते हैं, गर्मी से और नरम पड़ जाते हैं, और मुख्य रूप से प्लास्टिक के थैलों के लिए इस्तेमाल किए जाते हैं। इसकी ढीले-ढाले ढंग से जमी हुई शाखाओं वाली शृंखलाओं के चलते, कम घनत्व के पोलीथीन (लो-डैंसिटी पोली ईथीन -एलडीपीई) के विपरीत, संश्लेषित उच्च-घनत्व वाले पोलीथीन (हाई-डैंसिटी पोली ईथीन - एचडीपीई) में ज्यादा गसी हुई शाखा शृंखलाएँ होती हैं, जिनके कारण इनके गलनांक ज्यादा ऊँचे होते हैं और ये ज्यादा मजबूत होते हैं। पीवीसी, या पोलीविनाइल क्लोराइड, की शाखा शृंखलाएँ ताकतवर ध्रुवीय बन्धों के द्वारा संघटित रखी जाती हैं जिसके कारण पीवीसी अधिक कठोर होता है। इसी प्रकार, टैफ्लॉन (पोली-टैट्रा-फ्लूरोईथीन) में उसके शक्तिशाली सहसंयोजी बन्ध उसे काफी निष्क्रिय बना देते हैं। चूँकि फ्लोरीन अपने इलेक्ट्रॉनों को बहुत कसकर पकड़े रहती है, इसलिए टैफ्लॉन में बिखराव के बल बहुत कमजोर होते हैं, जिसके कारण इसमें खाना बनाने के बर्तनों पर न-चिपकने वाली परत (नॉन स्टिक कोटिंग) की तरह काम करने की क्षमता आ जाती है।

गतिविधि- रसोईघर में हाइड्रोजन बन्ध तथा डाइसल्फाइड सेतु

हम जब नमी युक्त सूखे वस्त्रों में सिलवटों को इस्त्री करके निकालते हैं तो हम हाइड्रोजन बन्धों को बनते और टूटते हुए 'देखते' हैं। लेकिन इस पर गौर करने की दूसरी जगह चपातियों के लिए 'आटा' गूँथने की है। एकबारगी जब मुझे समझ में आया कि ऐसा हो रहा है, तब से मैं हर बार इस पर दिलचस्पी से गौर करती हूँ।

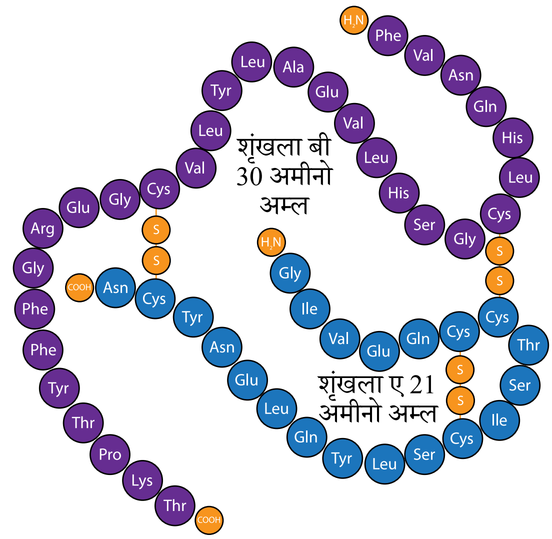
एक बर्तन में सूखा आटा लीजिए और उसमें अपनी उंगलियाँ डालकर उसके तापमान को महसूस कीजिए। फिर उसमें अपनी उंगलियों पर से होते हुए पानी डालिए। अब जब आप आटे और पानी को आपस में मिलाते हैं, तो उनका मिश्रण पहले से थोड़ा गरम महसूस होगा। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि स्टार्च में मौजूद -OH समूहों के साथ जब पानी हाइड्रोजन बन्ध बनाता है तो ऊर्जा उत्पन्न हो रही होती है।

इस मिश्रण का एक टुकड़ा लीजिए और उसे पानी की धार के नीचे रखिए। वह बहकर धुल जाएगा। आटे को गूँथते रहिए और फिर उसकी लोई लोचदार हो जाएगी। दो प्रकार के प्रोटीन - ग्लियाडिन्स तथा ग्लूटेनिन्स - संयोजित होकर ग्लूटेन बनाते हैं। यह एक पानी में न घुलने वाला पदार्थ होता है जो डाइसल्फाइड सेतुओं के द्वारा संघटित रखा जाता है, ये सेतु मुख्य रूप से गूँथने की क्रिया के द्वारा और उसमें हवा को समाहित करने के कारण निर्मित होते हैं। अब यदि आप इस लोई का एक पिण्ड लेकर उसे पानी की धार के नीचे रखेंगे तो स्टार्च धुलकर बह जाएगा और ग्लूटेन की लचीली डली पीछे बची रह जाएगी।



प्रोटीन की शृंखला हीलिक्सों और चादरों में व्यवस्थित हो जाती है जो हाइड्रोजन बन्धों के द्वारा संघटित रखी जाती हैं।

चित्र 17 : प्रोटीन की संरचना के स्तर।



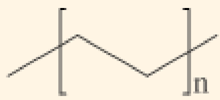
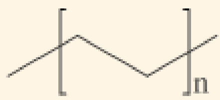
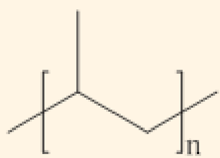
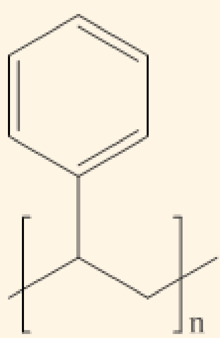
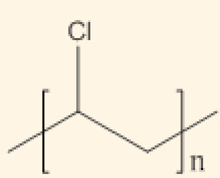
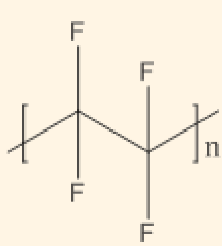
चित्र 18 : डाइसल्फाइड सेतु प्रोटीन शृंखला के विभिन्न भागों को इकट्ठे जोड़ते हैं, और इस तरह विशिष्ट आकृतियाँ निर्मित करते हैं।

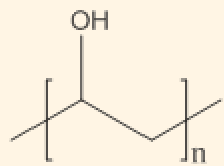
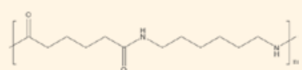
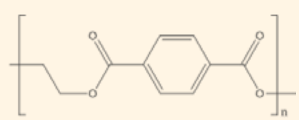
कोई किसी पोलीमर के गुणधर्म कैसे बदल सकता है? मोटे तौर पर, इसे करने के तीन तरीके होते हैं :

- उसकी शाखा शृंखलाओं को परिवर्तित करके – ध्रुवीय शाखा शृंखलाएँ अधिक होने से ज्यादा अन्तर्सक्रियता आ जाती है।
- शृंखला की लम्बाई बदलकर - ज्यादा लम्बी शृंखलाओं के अन्तर्आणविक बल ज्यादा ताकतवर होते हैं।
- शाखा समूहों का घुमाव (ओरिएंटेशन) बदलकर - यह शृंखलाओं को बेहतर ढंग से गसी हुई होने में मदद करता है।

पोलीथीन के जैसी ही संरचना वाला एक अन्य पोलीमर पोलीईथेनॉल होता है। पोलीईथेनॉल की शाखा शृंखलाओं में अनेक हाइड्रॉक्सिल (-OH) समूह होते हैं। जब पोलीमर का 99-100%, -OH समूहों का बना होता है, तो वह अघुलनशील हो जाता है, और उसकी शाखा शृंखलाओं के बीच में हाइड्रोजन बन्ध निर्मित हो जाते हैं। जब -OH समूहों का प्रतिशत कम हो जाता है तो वह पोलीमर पानी में घुलनशील हो जाता है, क्योंकि शाखा शृंखलाओं के बीच की खाली जगहों में पानी के अणुओं को प्रवेश करने और पोलीमर से अभिक्रिया करने की सुविधा मिल जाती है। इस गुण का उपयोग करते हुए, पोलीईथेनॉल का इस्तेमाल अस्पतालों के गन्दे कपड़ों के लिए लाण्ड्री बैग (धोने के कपड़ों को रखने वाले थैले) बनाने के लिए

उन अनेक अन्तर्क्रियाओं, जो प्रोटीन की संरचना को संघटित रखती हैं, में से एक डाइसल्फाइड सेतु होता है। सिस्टीन नामक अमीनो अम्ल में -SH समूह होता है। दो -SH समूह आपस में जुड़ सकते हैं और आक्सीकरण की प्रक्रिया के द्वारा –S-S- समूह, अर्थात डाइसल्फाइड सेतु बना सकते हैं। यह प्रोटीन के रेशों के विभिन्न हिस्सों को संघटित करता है, और इस तरह उस प्रोटीन को एक विशिष्ट आकार देता है। बालों में बहुत सिस्टीन होता है - उस प्रोटीन का एक रेशा जितने डाइसल्फाइड सेतु बनाता है उनकी संख्या यह निर्धारित करती है कि आपके बाल घुँघराले, लहरदार या सीधे होंगे। हालाँकि आप अपनी केशशैली को गीले बालों पर रोलर लगाकर अस्थाई रूप से बदल सकते हैं, पर ज्यादा स्थाई बदलाव के लिए मौजूदा डाइसल्फाइड सेतुओं में परिवर्तन करने की जरूरत होगी। यह करने के लिए, अमोनियम थियोग्लाईकोलेट नामक अभिकारक, जिसमें एक –SH समूह होता है, को बालों पर लगाया जाता है ताकि उनके मौजूदा डाइसल्फाइड सेतुओं को तोड़ा जा सके। इससे आपको अपने बालों को आपकी मनचाही शैली में जमाने की सुविधा मिल जाती है। एकबारगी जब आक्सीकरण के कारण नए सेतु बन जाते हैं, तो अभिकारक को धोकर निकाल दिया जाता है। आपके बाल अब वैसे हो जाते हैं जैसे आप चाहते हैं। हाँ, यह जरूर है, कि जब नए बाल उगते हैं, तो वे वैसे ही होंगे जैसे कि आपकी नई केशशैली अपनाने के पहले थे, क्योंकि आप अपनी आनुवांशिक इकाइयों (जींस) को नहीं बदल सकते।

पोलीमर	आम नाम	संरचना	शृंखलाओं के बीच के बल	गुणधर्म	उपयोग
कम घनत्व की पोलीथीन	पोलीथीन एलडीपीई	शाखा वाली 	फैलाव के बल	निष्क्रिय, गरमी पाकर नरम पड़ता है, ढाला नहीं जा सकता	प्लास्टिक थैले, लपेटने के काम
पोलीथीन एचडीपीई	पोलीथीन एचडीपीई	बगैर शाखा वाली 	फैलाव के बल, शृंखलाएँ अधिक गसी हुईं	एलडीपीई की तुलना में अधिक ऊँचे तापमानों पर नरम पड़ता है, निष्क्रिय	बोतलें, पाइप, प्रयोगशाला के बीकर आदि
पोलीप्रोपीन	पोलीप्रोपाईलीन		फैलाव के बल	ज्यादा ऊँचे तापमानों पर नरम पड़ता है क्योंकि बल ज्यादा बड़े होते हैं, निष्क्रिय	फर्नीचर, पाइप, प्रयोगशाला के उपकरण जिन्हें कीटाणुरहित (स्टरलाइज) किया जा सके, ढक्कनों की कड़ियाँ
पोलीस्टाईरीन कठोर तथा फोम	थर्मोकोल, स्टाईरोफोम		फैलाव के बल	कड़क तथा मजबूत, इसे हल्के फोम में निर्मित किया जा सकता है	पैकिंग की सामग्री, इंसुलेशन (विद्युत प्रतिरोधी), प्रयोगशाला के उपकरण
पोलीक्लोरोईथीन	पोली विनाइल क्लोराइड, पीवीसी		द्विध्रुव-प्रेरित द्विध्रुव	कठोर तथा मजबूत	पाइप तथा तारों के ऊपर चढ़ाई जाने वाली परत
पोलीटेट्राफ्लू-रोईथीन पीटीएफई	टेफ्लॉन		शृंखलाओं के बीच में द्विध्रुव-द्विध्रुव	निष्क्रिय, उच्च गलनांक, न चिपकने वाला क्योंकि फ्लोरीन इलेक्ट्रॉनों को कसकर पकड़े रहती है इसलिए वह अन्य अणुओं से क्रिया नहीं कर सकता*	बर्तनों पर चढ़ाई जाने वाली परत (कोटिंग), वाल्व, लुब्रिकेंट (स्नेहक)

पोलीमर	आम नाम	संरचना	शृंखलाओं के बीच के बल	गुणधर्म	उपयोग
पोलीईथेनॉल	पीवीओएच		हाइड्रोजन बन्ध	-OH समूहों के % पर निर्भर करते हैं : > 99% हो तो पानी में अघुलनशील, 99-90% गरम पानी में घुलनशील, < 90% ठण्डे पानी में घुलनशील	अस्पतालों के गन्दे कपड़े इकट्ठे करने के थैले, शल्यचिकित्सा के टाँके
पोलीएमाइड्स	नाइलॉन		हाइड्रोजन बन्ध	मजबूत, उच्च तापमान पर पिघलने वाला, क्षरण प्रतिरोधी, इसे ढाला जा सकता है	कपड़े, रस्सियाँ, मशीनों के पुर्जे
पोलीईथीलीनटे-रेफ्थेलेट पोलीए-स्टर्स	टैरीलीन, पीईटी		हाइड्रोजन बन्ध	मजबूत, उच्च तापमान पर पिघलने वाला	कपड़े, फिल्म (माईलार), बोतलें

तालिका 1 : पोलीमर ऐसे लम्बी शृंखलाओं वाले अणु होते हैं जिनमें भिन्न-भिन्न शाखा समूह होते हैं। आकार तथा संरचना बदलने के साथ-साथ शृंखलाओं के बीच की अन्तर्क्रियाएँ बढ़ती जाती हैं, जिससे गुणधर्म भी बदलते हैं। *चूँकि फ्लोरीन अपने इलेक्ट्रॉनों को बहुत कसकर पकड़े रहती है, इसलिए द्विध्रुव आसानी से प्रेरित नहीं होते, इस कारण फैलाव के बल कमजोर होते हैं। एक गैको भी टैफ्लॉन पर नहीं चिपक सकती।

किया जाता है। जब संक्रमित कपड़ों को इन थैलों में रखकर वाशिंग मशीनों में डाला जाता है, तो ये थैले घुल जाते हैं और साफ कपड़े निकल आते हैं।

रसायनशास्त्रियों ने रेशम, ऊन तथा रबर जैसे प्राकृतिक पोलीमरों की नकलें निर्मित करने का प्रयास किया है। रेशम तथा ऊन प्रोटीनों के बने होते हैं, और नाइलॉन तथा पोलीएस्टर उनके समतुल्य संश्लेषित रूप होते हैं। इन संश्लेषित पोलीमरों के रेशे भी बनाए जा सकते हैं और फिर उन्हें कपड़ों के रूप में बुना जा सकता है। ये गुण आंशिक रूप से अणु की रासायनिक प्रकृति के कारण होते हैं और आंशिक रूप से उस विधि के कारण जिस तरह इन पोलीमरों को संसाधित किया जाता है।

इसी प्रकार, रसायनवैज्ञानिकों ने अणुओं के साथ विभिन्न प्रयोग करते हुए कैवलार (मजबूत तथा वजन में हलका), पीएचए (अग्नि प्रतिरोधी) तथा पोलीकार्बोनेट्स (काँच की जगह ले सकने वाला) भी विकसित किए हैं।

निष्कर्ष

हम एक ऐसे युग में रहते हैं जब आणविक अन्तर्क्रियाओं के हमारे ज्ञान का उपयोग करके हम इच्छानुसार नए पदार्थ निर्मित कर सकते हैं। उदाहरण के लिए, इस क्षेत्र में हाल के प्रयासों का लक्ष्य जैविक रूप से और प्रकाश के द्वारा विघटित हो सकने वाले संश्लेषित पोलीमरों को निर्मित करना है।

References

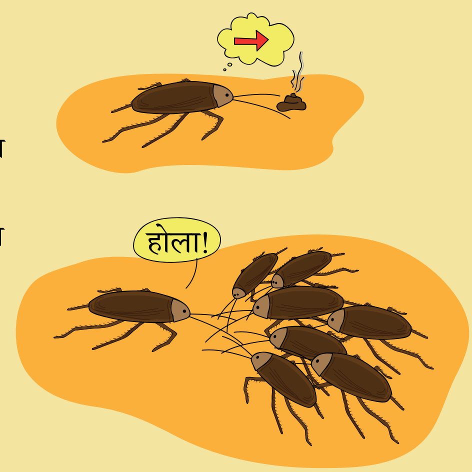
1. The Gecko's Foot. Peter Forbes, Fourth Estate (London) 2005.
2. How geckos can beat non-stick. Chemistry World Blog. URL: http://prospect.rsc.org/blogs/cw/2013/04/02/how-geckos-can-beat-non-stick/
3. Chemical Storylines Salters Advanced Chemistry Heinemann 2000.

यासमीन जयतीर्थ वर्तमान में बेंगलूरु के सेंटर फॉर लर्निंग में पढ़ाती हैं। उन्होंने आई.आई.टी. बाम्बे से एम.एससी की उपाधि और इंडियन इंस्टीट्यूट ऑफ साइंस, बेंगलूरु से रसायनशास्त्र में पीएच.डी. की उपाधि हासिल की है। उन्होंने अपना पोस्ट-डाक्टरल कार्य यूनिवर्सिटी ऑफ लुईविल तथा इण्डियन इंस्टीट्यूट ऑफ साइंस, बेंगलूरु में किया। **अनुवाद :** भरत त्रिपाठी

मल कीटों के सामाजीकरण में सहायक होता है

विग्नेश नारायण

अब से 2300 वर्ष पहले हुए दार्शनिक अरस्तू ने कहा था कि "मनुष्य एक सामाजिक प्राणी है"। पर जो बात वे नहीं जानते थे और जिसे आज वैज्ञानिकों ने खोज निकाला है, वह यह है कि कीट भी सामाजिक प्राणी होते हैं। यही कारण है कि यदि आपको अपने घर में एक काकरोच मिलता है, तो इस बात की बहुत सम्भावना होती है कि सौ और काकरोच कहीं आपकी नजरों से छिपे हुए होंगे। पर जो बात कीट विशेषज्ञों (entomologists) के लिए पहेली बनी हुई है, वह यह है कि ये कीट किस तरह से एक-दूसरे के साथ संवाद करते हैं।



काकरोच जीववैज्ञानिकों (जी हाँ, कुछ ऐसे विशेषज्ञ भी होते हैं) ने इसका उत्तर खोज निकाला है। वे कहते हैं कि काकरोच मल के प्रति आकर्षित होते हैं। ऐसा प्रतीत होता है कि, काकरोचों की झुण्ड बनाकर इकट्ठे होने की प्रवृत्ति का कारण यह है कि मल में मौजूद कीटाणु (बैक्टीरिया) जिन उड़नशील वसा अम्लों (volatile fatty acids) का उत्पादन करते हैं उनके प्रति काकरोच आकर्षित होते हैं। जब काकरोचों को कीटाणु रहित (जर्म फ्री) पिंजरों में सेकर पैदा किया गया और पाला गया तो वे बड़े एकाकी जीव साबित हुए, जो आपस में अपने एंटेना रगड़ने के लिए भी बिरले ही रुकते थे। परन्तु जब उनके पिंजरों में कीटाणुओं को प्रवेश कराया गया तो ये सामाजिक रूप से अटपटे काकरोच फिर से मिलनसार और समूह में इकट्ठे होने वाले बन गए।

वास्तव में, अन्य कीट भी ऐसे कीटाणुओं का इस्तेमाल करने के द्वारा परस्पर संवाद करते हैं जो कुछ प्रकार की गन्धों और रसायनों का उत्सर्जन करते हैं। टिड्डियाँ (Locusts) एक खास तरह के जीवाणु (microbe) की मेजबान बनती हैं जो उन्हें इकट्ठे होने और झुण्ड बनाने में मदद करता है। लकड़बग्घा (hyena) जैसे कुछ जानवरों के पास भी उनकी गन्ध ग्रन्थियों (scent glands) में कीटाणु होते हैं जो उन्हें सम्बन्धियों और गैर-सम्बन्धियों में फर्क करने देते हैं।

इसलिए अगली बार जब आप भीड़ भरे कमरे में किसी को खोज रहे हों, तो अपनी आँखों को बन्द कर लीजिए और जोर से हवा को सूँघिए!



विग्नेश नारायण इण्डियन इंस्टीट्यूट आफ साइंस, बेंगलूरु में आणविक जीवविज्ञान के पीएच.डी. विद्यार्थी हैं। उनमें शोधकार्य तथा लोकप्रिय विज्ञान लेखन के प्रति बहुत लगाव है। उनकी विशेषज्ञता का क्षेत्र जीवविज्ञान है, और विशेष रूप से उनका जोर रोगों के आणविक जीवविज्ञान तथा सूक्ष्मजीवविज्ञान पर है। आप उनसे vigneshnarayan313@gmail.com पर सम्पर्क कर सकते हैं। **अनुवाद :** सत्येन्द्र त्रिपाठी